

(19) BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

PATENTSCHRIFT



(12) Ausschließungspatent

(11) DD 293 534 A5

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1
Patentgesetz der DDR
vom 27. 10. 1983
in Übereinstimmung mit den entsprechenden
Festlegungen im Einigungsvertrag

5(51) B 23 Q 17/00

DEUTSCHES PATENTAMT

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21)	DD B 23 Q / 322 794 3	(22)	08.12.88	(44)	05.09.91
(71)	Technische Universität Karl-Marx-Stadt, PSF 964, O - 9010 Chemnitz, DE				
(72)	Förster, Jürgen, Dr.-Ing.; Oberreich, Andreas, Dipl.-Ing.; Scholz, Dieter, Dipl.-Ing., DE				
(73)	Technische Universität Karl-Marx-Stadt, Postschließfach 964, O - 9010 Chemnitz; VEB Großdrehmaschinenbau „8. Mai“, Otto-Schmerbach-Straße 3-5, O - 9030 Chemnitz, DE				
(54)	Anordnung zum Überwachen der Bearbeitungsbedingungen an einer Werkzeugmaschine				

(55) Spanprozeßüberwachung; Klassifikation; Signalverarbeitung; Werkzeugmaschine; Havariesignal;
Werkzeugbruch; Drehen; Ausbohren

(57) Die Erfindung „Anordnung zum Überwachen der Bearbeitungsbedingungen an einer Werkzeugmaschine“ betrifft eine Anordnung zur Gewinnung von Zustandssignalen, die den Spanprozeß klassifizieren, um eine sichere Erkennung von Werkzeugbruch und anderer Prozeßzustände, beispielsweise bei Dreh- und Ausbohrvorgängen, zu gewährleisten. Ziel: Aufwandarme Anordnung, welche gegenüber bisher bekannten Anordnungen eine sicherere Unterscheidung des Werkzeugbruches von anderen Prozeßzuständen ermöglicht und einfach an spezifische Prozeßzustände anpaßbar ist.

Aufgabe: Mit elementaren Signalverarbeitungs- und Klassifikationsverfahren das Ziel der Erfindung bei unterschiedlichsten Spanprozeßbedingungen lösen.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe mit einer digitalen Anordnung dadurch gelöst, daß die Kreuzkorrelationsfunktion zwischen einem geeigneten Signal mit Mustersignalverläufen gebildet wird, daß die Mustersignalverläufe einfach aus unterscheidbaren prozeßtypischen Signalverläufen, beispielsweise bei Bruch oder Quernutüberdrehen, ermittelbar sind und daß die Kreuzkorrelationsfunktionen über einen Klassifikator ausgewertet werden.

ISSN 0433-6461

6 Seiten

Patentanspruch:

Anordnung zum Überwachen der Bearbeitungsbedingungen an einer Werkzeugmaschine, bei der ein den Spanprozeß abbildendes zeitabhängiges Signal an den Eingang einer Anordnung zur Zeit- und Amplitudendiskretisierung zur Bildung aktueller Abtastwerte angelegt ist, mit einer Anordnung zur Bildung mindestens einer Kreuzkorrelationsfunktion, die aus digitalen Verzögerungselementen, Multiplizierern und mindestens einem Summenbildner besteht sowie mit einem Klassifikator, dadurch gekennzeichnet, daß an den Ausgang der Anordnung zur Zeit- und Amplitudendiskretisierung (1) der Eingang einer Anordnung zur Bildung mindestens einer Kreuzkorrelationsfunktion (2) angeschlossen ist, deren Ausgänge mit je einem Eingang eines Klassifikators (3) verbunden sind, daß an dem Eingang der Anordnung zur Bildung mindestens einer Kreuzkorrelationsfunktion (2) eine Reihenschaltung von N-1 digitalen Verzögerungselementen (4) angeordnet ist, daß für jede zu bildende Kreuzkorrelationsfunktion maximal N Multiplizierer (5) und ein Summenbildner (6) angeordnet sind, daß der Ausgang jedes Summenbildners (6) ein Ausgang der Anordnung zur Bildung mindestens einer Kreuzkorrelationsfunktion (2) ist, daß die Ausgangssignale des Klassifikators (3) charakteristischen Prozeßzuständen entsprechen und für die Bildung einer Kreuzkorrelationsfunktion ein erster Eingang jedes Multiplizierers (5) mit je einem Koeffizientenwert beaufschlagt ist, daß diese Koeffizientenwerte Abtastwerte prozeßtypischer Mustersignalverläufe in einem Zeitraster sind, daß ein zweiter Eingang jedes Multiplizierers (5) mit dem Anschluß der Reihenschaltung der Verzögerungselemente (4) für eine Verzögerung im Zeitraster der Koeffizientenwerte verbunden ist und daß der Ausgang jedes Multiplizierers (5) mit dem Eingang des Summenbildners (6) für die zugehörige Kreuzkorrelation verbunden ist.

Hierzu 2 Seiten Zeichnungen

Anwendungsgebiet

Die Erfindung betrifft eine Anordnung zur Gewinnung von Zustandssignalen, die den Spanprozeß klassifizieren, um eine sichere Erkennung von Werkzeugbruch und anderer Prozeßzustände, beispielsweise bei Dreh- und Ausbohrvorgängen, zu gewährleisten. Damit werden Voraussetzungen zur automatischen Überwachung von Zerspanvorgängen, insbesondere der Verhinderung von Folgeschäden bei Werkzeugbrüchen, geschaffen und eine bedienerarme beziehungsweise bedienerlose Fertigung ermöglicht.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Bekannt sind verschiedene Anordnungen zur Überwachung der Bearbeitungsbedingungen an einer Werkzeugmaschine. Unabhängig von der Verwendung bestimmter Sensorsignale läßt sich eine Gruppe von Anordnungen herauslösen, bei denen entweder zulässige, auch zeitabhängige, Grenzen des Absolutwertes von Signalen festgelegt werden oder eine Limitierung der maximalen Änderungsgeschwindigkeit, beispielsweise nach einer Differenzierung, des Signals erfolgt und bei Überschreiten der Grenzen ein Bruchsignal erzeugt wird. Das wird in DD-WP 216888 beschrieben.

Diese Gruppe nutzt eine sehr grobe Signalbeschreibung und kann deshalb die feinen Unterschiede zwischen Bruch und Prozeßstörung, beispielsweise bei Überdrehen von Lunkern, Quernuten und Bohrungen, nur unsicher erkennen. Demzufolge ist mit einer hohen Fehlidentifikationsrate zu rechnen.

Eine weitere Gruppe nutzt die Unterschiede zwischen Bruch und Prozeßstörung im spektralen Bereich. Durch Bandpaßfilterung wird beispielsweise nur der für Bruch relevante Frequenzbereich wie in DD-WP 216888 oder in DD-WP 253776A1 ausgewertet. Spektrale Anordnungen sind relativ aufwendig. Dennoch berücksichtigen sie ebenfalls nicht die feinen Unterschiede zwischen Bruch und Prozeßstörung. Demzufolge ist auch noch mit einer hohen Fehlidentifikationsrate zu rechnen. Außerdem führen sehr schmale Bandpässe zu einem erheblichen Nachschwingen, welches die Auswertung erschwert.

Ein weiterer, praktisch aber bedeutsamer Mangel besteht darin, daß keine allgemeingültigen Entwurfsverfahren für derartige Anordnungen bekannt sind, die eine einfache Anpaßbarkeit an spezifische Prozeßbedingungen erlauben. Besonders schwierig ist die Bestimmung der prozeßzustandsrelevanten Frequenzbereiche.

Eine andere Gruppe bildet aus mehreren Sensorsignalen neue Signale, beispielsweise durch Quotientenbildung nach DE-OS 2251333, DE 3043827 A1 und führt sie einer weiteren Verarbeitung zu. Hier ist der hohe Realisierungsaufwand als nachteilig einzuschätzen.

Ebenfalls mehrere Sensorsignale verwendet DE-OS 3415305A1, wobei als Zwischensignale die Streuungen der Signale ausgewertet werden. Die Unterscheidung zwischen Prozeßstörung und Bruch wird auf rein empirischer Grundlage getroffen. Hier erscheinen Bedenken bezüglich der Sicherheit dieser Unterscheidung angebracht. Ein weiterer Nachteil entsteht durch die Tatsache, daß die Aussagekraft des Motorstromes als Sensorsignal bei abnehmender Schnittleistung nachläßt.

Die Mängel bekannter Anordnungen zur sicheren Unterscheidung eines Bruches von anderen Prozeßzuständen liegen in der

Grobheit der Signalbeschreibungen durch auch zeitabhängige Amplitudenschwellen begründet. Nimmt man weiter zeitabhängige Schwellwerte hinzu, so erreichte man zwar eine feinere Signalbeschreibung, aber die Auswertung ist stärker von lokalen Störungen beeinflusst.

Für alle diese Anordnungen ist es typisch, daß sie für die Ermittlung unterscheidbarer Prozeßzustände willkürlich ausgewählte Merkmale eines Sensorsignals benutzen.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist es, eine aufwandarme Anordnung zum Überwachen der Bearbeitungsbedingungen an einer Werkzeugmaschine, beispielsweise für Dreh- und Ausbohrvorgänge, anzugeben, welche gegenüber bisher bekannten Anordnungen eine sichere Unterscheidung des Werkzeugbruches von anderen Prozeßzuständen, beispielsweise Überdrehen von Lunkern oder Quernuten bei Schrupp- und Schlichtschnitten, ermöglicht und einfach an spezifische Prozeßzustände anpaßbar ist.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Die Patentliteratur sowie eigene Untersuchungen zeigen Grenzen bekannter Anordnungen, wie Absolutwertüberwachungsanordnungen oder spektraler Anordnungen zur Unterscheidung von Werkzeugbruch und anderer spezifischer Prozeßzustände.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, eine Anordnung zum Überwachen der Bearbeitungsbedingungen an einer Werkzeugmaschine, beispielsweise für Dreh- und Ausbohrvorgänge, anzugeben, welche mit elementaren Signalverarbeitungs- und Klassifikationsanordnungen das Ziel der Erfindung bei Gültigkeit über einen großen Bereich der Spanprozeßbedingungen löst.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe mit einer Anordnung zum Überwachen der Bearbeitungsbedingungen an einer Werkzeugmaschine, bei der ein den Spanprozeß abbildendes zeitabhängiges Signal an den Eingang einer Anordnung zur Zeit- und Amplitudendiskretisierung zur Bildung aktueller Abtastwerte angelegt ist, mit einer Anordnung zur Bildung mindestens einer Kreuzkorrelationsfunktion, die aus digitalen Verzögerungselementen, Multiplizierern und mindestens einem Summenbildner besteht sowie mit einem Klassifikator, dadurch gelöst, daß an den Ausgang der Anordnung zur Zeit- und Amplitudendiskretisierung der Eingang einer Anordnung zur Bildung mindestens einer Kreuzkorrelationsfunktion angeschlossen ist, deren Ausgänge mit je einem Eingang eines Klassifikators verbunden sind, daß an dem Eingang der Anordnung zur Bildung mindestens einer Kreuzkorrelationsfunktion eine Reihenschaltung von $N-1$ digitalen Verzögerungselementen angeordnet ist, daß für jede zu bildende Kreuzkorrelationsfunktion maximal N Multiplizierer und ein Summenbildner angeordnet sind, daß der Ausgang jedes Summenbildners ein Ausgang der Anordnung zur Bildung mindestens einer Kreuzkorrelationsfunktion ist, daß die Ausgangssignale des Klassifikators charakteristischen Prozeßzuständen entsprechen und für die Bildung einer Kreuzkorrelationsfunktion ein erster Eingang jedes Multiplizierers mit je einem Koeffizientenwert beaufschlagt ist, daß diese Koeffizientenwerte Abtastwerte prozeßtypischer Mustersignalverläufe in einem Zeitraster sind, daß ein zweiter Eingang jedes Multiplizierers mit dem Anschluß der Reihenschaltung der Verzögerungselemente für eine Verzögerung im Zeitraster der Koeffizientenwerte verbunden ist und daß der Ausgang jedes Multiplizierers mit dem Eingang des Summenbildners für die zugehörige Kreuzkorrelation verbunden ist.

Als den Spanprozeß abbildende Signale sind prinzipiell alle Signale geeignet, die von dynamischen prozeßspezifischen Größen abhängig sind. Solche Signale sind bekanntlich Kräfte, Momente, Dehnungen, aber auch Motorströme oder Körperschallgrößen. Die erfindungsgemäße Anordnung besitzt eine solche hohe Selektivität, daß sie auch bei bisher kaum geeigneten Signalen eine sichere Auswertung ermöglicht.

Für die bisher bekannten Anordnungen ist es typisch, daß sie für die Ermittlung unterscheidbarer Prozeßzustände willkürlich ausgewählte Merkmale eines Sensorsignals benutzen.

Es wurde gefunden, daß Bruch und verschiedene spezifische Prozeßzustände charakteristische unterscheidbare Signalverläufe erzeugen.

Aus diesen charakteristischen Signalverläufen eines spezifischen Prozeßzustands ist, beispielsweise durch Mittelung, ein Mustersignalverlauf zu bilden.

Bildet man nun erfindungsgemäß die Kreuzkorrelationsfunktion zwischen einem solchen Mustersignalverlauf und dem Sensorsignal, so entsteht ein Signal mit einem sehr deutlichen Maximum genau dann, wenn das Sensorsignal dem charakteristischen Signalverlauf ähnelt.

Nach der erfindungsgemäßen Anordnung erfolgt so nicht nur ein Vergleich willkürlich ausgewählter Merkmale des Sensorsignals, beispielsweise der Minima oder Maxima, mit Referenzwerten, sondern der gesamte Signalverlauf geht in die Auswertung ein und begründet die hohe Störsicherheit und Selektivität.

Besonders vorteilhaft ist die Anwendung der Erfindung zur Bildung eines Havarie Signals bei Werkzeugbruch.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels zur Bildung eines Havarie Signals bei Werkzeugbruch an einer Drehmaschine näher erläutert.

An den Eingang der erfindungsgemäßen Anordnung ist eine an sich bekannte Anordnung zur Zeit- und Amplitudendiskretisierung 1 angeschlossen. Im Ausführungsbeispiel wird mit bekannten Dehnmeßstreifenanordnungen der Signalverlauf der Dehnung einer Meßstelle am Werkzeugträgergehäuse gemessen. Die Anwendung solcher Anordnungen war

wegen des bei bisher bekannten Anordnungen zur Überwachung der Bearbeitungsbedingungen zu geringen Signal/Störverhältnisses der Dehnmeßstreifensignale eingeschränkt oder erforderten aufwendige Dehnungstransformatoren. Meßstellen am Werkzeugträgergehäuse sind deshalb gut geeignet, weil sie eine mechanisch geschützte Anordnung des Sensors und eine einfache Signalübertragung ermöglichen, den Arbeitsraum nicht beeinträchtigen und keine Sonderausführungen für die Werkzeuge oder Werkzeugaufnahmen erfordern. Die Ermittlung geeigneter Meßstellen erfolgte nach fachüblichen Methoden.

Die Zeit- und Amplitudendiskretisierung erfolgt in bekannter Weise mit einem Abtast- und Halteglied und mit einem Analog-Digital-Wandler.

An den Ausgang der Anordnung zur Zeit- und Amplitudendiskretisierung 1 ist der Eingang einer Anordnung zur Bildung mindestens einer Kreuzkorrelationsfunktion 2 angeschlossen, deren Ausgänge mit je einem Eingang eines Klassifikators 3 verbunden sind. Im Ausführungsbeispiel werden zwei Kreuzkorrelationsfunktionen gebildet. Die Anordnung zur Bildung mindestens einer Kreuzkorrelationsfunktion 2 ist in Fig. 2 dargestellt.

Nachfolgend wird die Struktur der Anordnung zur Bildung mindestens einer Kreuzkorrelationsfunktion 2 beschrieben. An dem Eingang der Anordnung zur Bildung mindestens einer Kreuzkorrelationsfunktion 2 ist eine Reihenschaltung von 21 digitalen Verzögerungselementen 4 angeordnet. Damit ist $N = 22$. Die Verzögerungszeit eines digitalen Verzögerungselementes 4 entspricht der Abtastzeit der Anordnung zur Zeit- und Amplitudendiskretisierung 1. Die Länge des damit gebildeten Zeitfensters entspricht der Dauer des längsten charakteristischen Signalverlaufes, der im Dehnungssignal einer Drehmaschine des Typs DFS-2E des VEB Großdrehmaschinenbau „8. Mai“ Karl-Marx-Stadt bei dem Prozeßzustand Bruch und bei den Prozeßzuständen Bohrung und Quernut überdrehen auftreten. Die Abtastzeit wird in bekannter Weise aus den höchstens auftretenden Signalfrequenzen abgeleitet.

Im Ausführungsbeispiel werden nur zwei Kreuzkorrelationsfunktionen benötigt. Somit ist $m = 2$ in Fig. 2.

Für jede der zu bildenden zwei Kreuzkorrelationsfunktionen sind 22 Multiplizierer 5 und ein Summenbildner 6 angeordnet. Zur Bildung einer Kreuzkorrelationsfunktion ist ein erster Eingang jedes Multiplizierers 5 für diese Kreuzkorrelationsfunktion mit je einem Koeffizientenwert beaufschlagt. Ein zweiter Eingang dieser Multiplizierer 5 ist mit genau dem Anschluß der Reihenschaltung der Verzögerungselemente 4 für eine gleiche Verzögerung im Zeitraster der Koeffizientenwerte verbunden. Der Ausgang jedes Multiplizierers 5 ist mit dem Eingang des Summenbildners 6 für die zugehörige Kreuzkorrelationsfunktion verbunden.

Die Koeffizientenwerte sind Abtastwerte prozeßtypischer Mustersignalverläufe in einem Zeitraster im Zeitfenster. Sie werden ermittelt aus charakteristischen prozeßtypischen Signalverläufen beim Prozeßzustand Bruch und bei den Prozeßzuständen Bohrung und Quernut überdrehen, beispielsweise durch Mittelung.

Der Ausgang jedes Summenbildners 5 ist ein Ausgang der Anordnung zur Bildung mindestens einer Kreuzkorrelationsfunktion 2. Der erste Ausgang sei der Ausgang für die Kreuzkorrelationsfunktion zwischen dem Sensorsignal und einem Mustersignalverlauf für den Prozeßzustand Bruch. Der zweite Ausgang ist der Ausgang für die Kreuzkorrelationsfunktion zwischen dem Sensorsignal und dem Mustersignalverlauf für den Prozeßzustand Bohrung oder Quernut überdrehen. Der erste Ausgang ist mit einem ersten Eingang und der zweite mit einem zweiten eines Klassifikators 3 verbunden.

Der Klassifikator 3 besteht im Ausführungsbeispiel aus zwei Komparatoren und nachfolgend aus einer logischen Verknüpfungsschaltung. Deren logisches Ausgangssignal entsteht, wenn das Signal am ersten Eingang anliegt und das vom zweiten Eingang nicht. Im Klassifikator 3 des Ausführungsbeispiels gilt das Signal denn als anliegend, wenn es einen bestimmten Schwellwert überschreitet. Die Auswahl des Klassifikators ist sehr von der gewünschten Auswertungsaufgabe und den Signalverläufen abhängig und prinzipiell bekannt. Es wurde gefunden, daß ein erster charakteristischer Signalverlauf nur beim Überdrehen von Quernuten oder Bohrungen und ein zweiter charakteristischer Signalverlauf bei Quernuten oder Bohrungen und Werkzeugbruch auftritt. Das ist die Ursache für die einfache Struktur des Klassifikators 3. Das Ausgangssignal des Klassifikators 3 ist das Havariesignal.

In der erfindungsgemäßen Anordnung erfolgt so nicht nur ein Vergleich willkürlich ausgewählter Merkmale des Sensorsignals, beispielsweise der Minima oder Maxima, mit Referenzwerten, sondern der gesamte Signalverlauf wird ausgewertet und begründet die hohe Störsicherheit und Selektivität.

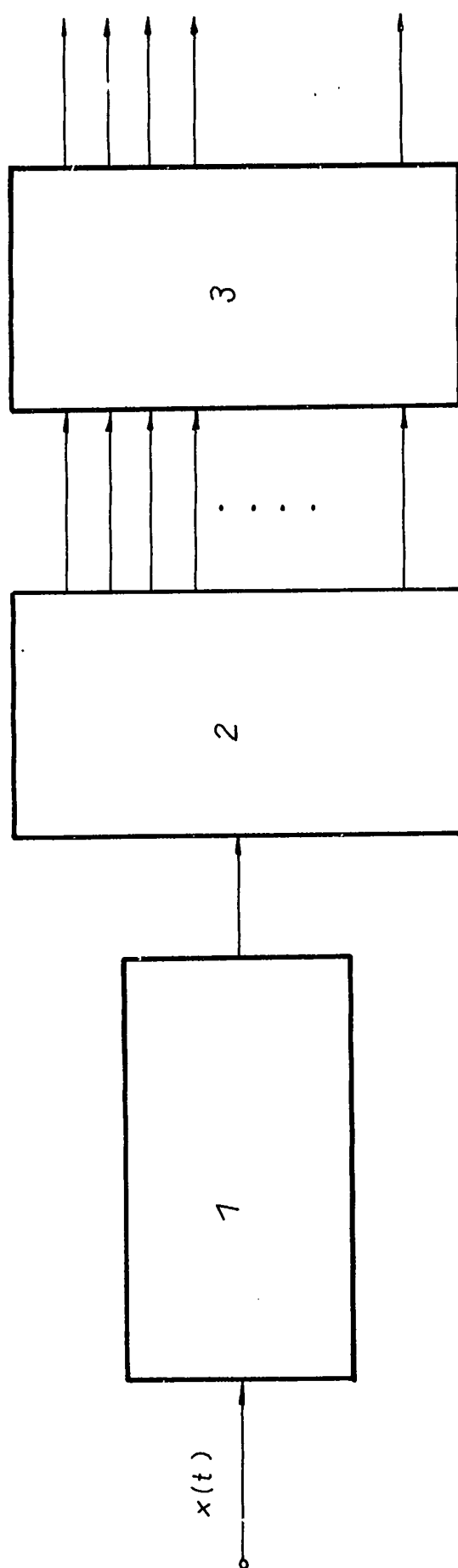
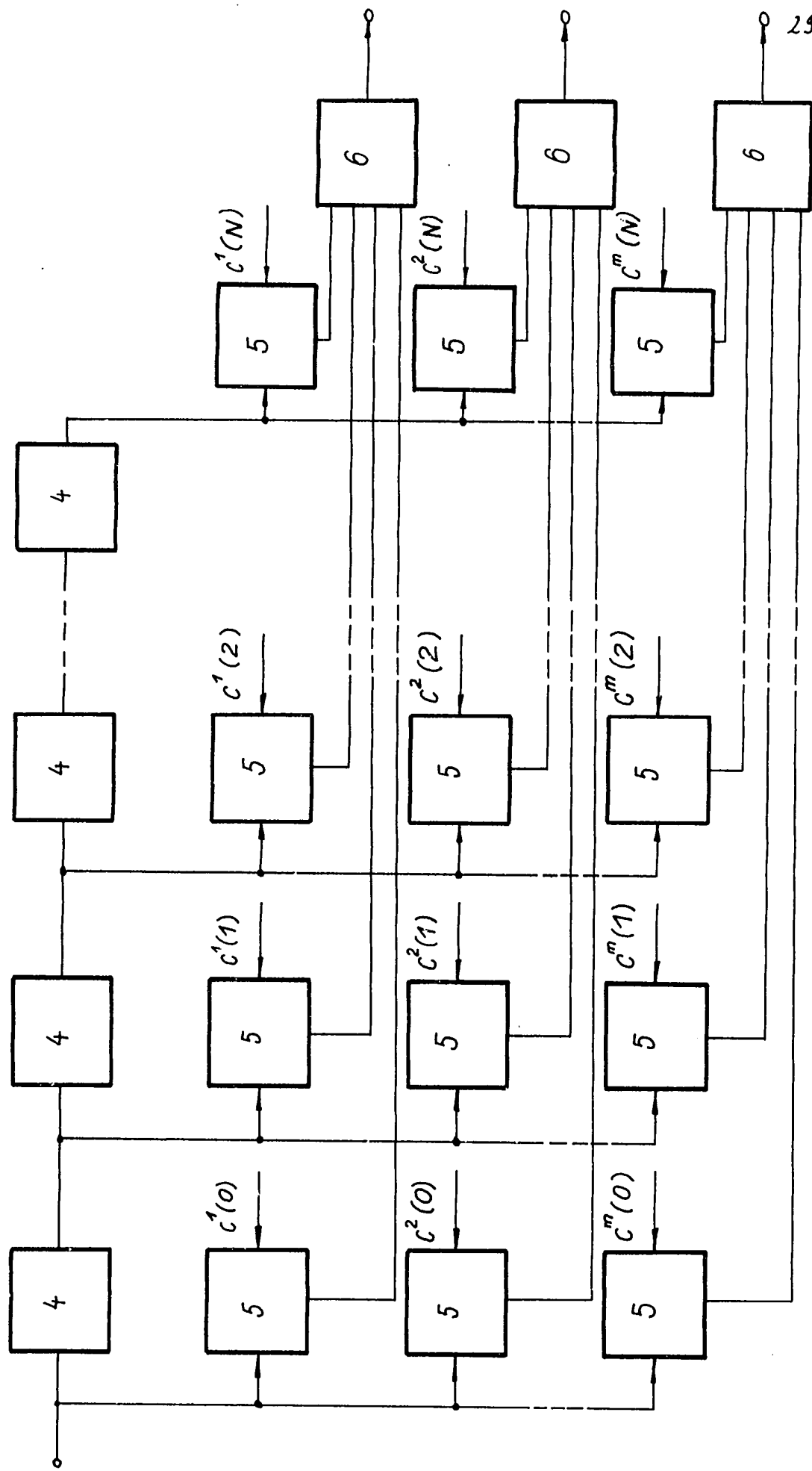


Fig. 1



C: Koeffizientenwerte

Fig.2